

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003348608 A**(43) Date of publication of application: **05.12.03**

(51) Int. Cl.

**H04N 9/07**  
**G06T 1/00**  
**H04N 1/46**  
**H04N 1/60**  
**// H04N101:00**

(21) Application number: **2002150788**(71) Applicant: **NIKON CORP**(22) Date of filing: **24.05.02**(72) Inventor: **ISHIGA KENICHI**

(54) **IMAGE PROCESSING METHOD, IMAGE  
 PROCESSING PROGRAM AND IMAGE  
 PROCESSING APPARATUS**

tetragonal lattice shape.

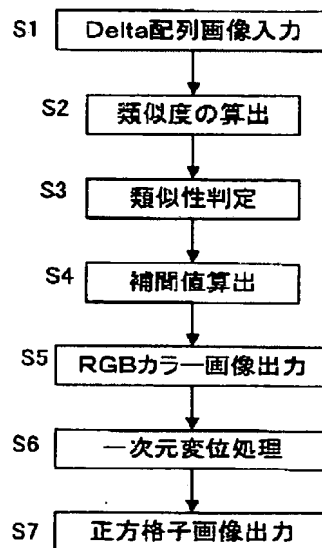
COPYRIGHT: (C)2004,JPO

【図2】

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an image processing method, an image processing program, and an image processing apparatus for outputting image data of tetragonal lattice arrangement with high definition on the basis of image data obtained by color filters or the like of a triangle lattice shape such as delta arrangement.

**SOLUTION:** The image processing method includes the steps of: acquiring image data of a delta arrangement comprising RGB color components; applying interpolation processing to the data at pixel positions of the triangle lattice shape in the delta arrangement; applying linear shift processing of shifting a pixel position by a 1/2 pixel pitch every other line to the image data at the pixel positions of the triangle lattice shape subjected to the interpolation processing; and composing the data subjected to the linear shift processing and the data not subjected to the linear shift processing to output image data arranged in a



(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公 開 特 許 公 報 ( A )

(11) 特許出願公開番号

特開2003-348608

( P2003-348608A )

(43) 公開日 平成15年12月5日 (2003.12.5)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 4 N 9/07		H 0 4 N 9/07	C 5 B 0 5 7
			A 5 C 0 6 5
G 0 6 T 1/00	5 1 0	G 0 6 T 1/00	5 1 0 5 C 0 7 7
H 0 4 N 1/46		H 0 4 N 101:00	5 C 0 7 9
1/60		1/40	D

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-150788(P2002-150788)

(22) 出願日 平成14年5月24日(2002.5.24)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 石賀 健一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100084412

弁理士 永井 冬紀

最終頁に続く

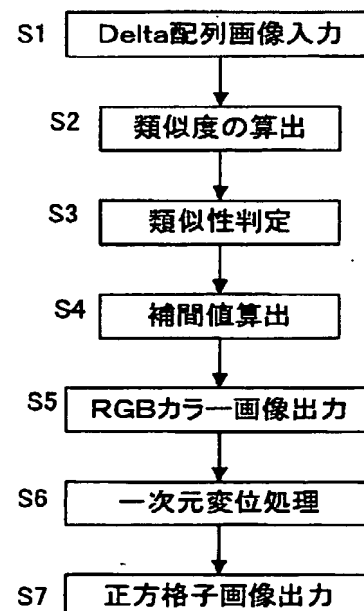
(54) 【発明の名称】 画像処理方法、画像処理プログラム、画像処理装置

(57) 【要約】

【課題】 デルタ配列等の三角格子状のカラーフィルタ等で得られた画像データに基づき高精細な正方格子配列した画像データを出力する画像処理方法、画像処理プログラム、画像処理装置を提供すること。

【解決手段】 R G B の色成分からなるデルタ配列の画像データを取得し、デルタ配列の三角格子状の画素位置で補間処理を行い、補間処理された三角格子状の画素位置の画像データを1行おきに画素位置を1/2画素ピッチずらす1次元変位処理を行い、1次元変位処理をしたデータと1次元変位処理をしないデータとを合わせて正方格子状に配置された画像データを出力する。

【図2】



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の色成分からなる表色系で表され、1つの画素に少なくとも1つの色成分の色情報を有する複数の画素からなり、前記複数の画素は三角格子状に配置された第1の画像を取得する画像取得手順と、前記取得した第1の画像の色情報を用いて、少なくとも1つの新しい色情報を、前記第1の画像と同じ三角格子状の画素位置に生成する色情報生成手順と、前記生成された色情報を含む前記三角格子状の画素位置にある複数の画素の色情報を、一方向に並ぶ画素間において一次元変位処理を行うことによって、各画素間位置の色情報に変換する画素位置変換手順と、前記画素位置が変換された色情報を使用して、複数の画素が正方格子状に配置された第2の画像を出力する出力手順を備えることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2】請求項 1 記載の画像処理方法において、前記新しい色情報は、前記第1の画像の表色系の色成分のうち前記第1の画像の各画素において欠落する色成分の色情報であることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 3】請求項 1 記載の画像処理方法において、前記新しい色情報は、前記第1の画像の表色系とは異なる表色系の色情報であることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 4】請求項 1～3のいずれか1項に記載の画像処理方法において、前記一次元変位処理は、正及び負の係数値からなる一次元フィルタを用いて行うことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 5】請求項 1～4のいずれか1項に記載の画像処理方法において、前記一次元変位処理は、前記第1の画像に対して、行単位で一行置きに行うことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 6】請求項 1～5のいずれか1項に記載の画像処理方法において、少なくとも3方向に対する類似性の強弱を判定する類似性判定手順をさらに備え、色情報生成手順では、判定された類似性の強さに応じて前記新しい色情報を生成することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 7】請求項 6に記載の画像処理方法において、前記類似性判定手順では、少なくとも3方向に対する類似度を算出し、前記類似度の逆数に基づいて各方向の類似性の強弱を判定することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 8】請求項 1～7のいずれか1項に記載の画像処理方法において、前記生成された色情報を含む前記三角格子状の画素位置にある複数の画素の色情報に基づき、前記三角格子状の画素位置に色差成分の色情報を生成する色差生成手順と、前記色差生成手順で生成された色差成分の色情報を補正

する補正手順とをさらに備えることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 9】請求項 1～7のいずれか1項に記載の画像処理方法において、前記生成された色情報を含む前記三角格子状の画素位置にある複数の画素の色情報に基づき、前記三角格子状の画素位置に輝度成分の色情報を生成する輝度生成手順と、前記輝度生成手順で生成された輝度成分の色情報を補正する補正手順とをさらに備えることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 10】第1～第 $n$ 色成分( $n \geq 2$ )で表され、1つの画素に1つの色成分の色情報を有する複数の画素が三角格子状に配置された第1の画像を取得する画像取得手順と、前記取得した第1の画像の色情報を用いて、第1色成分が欠落する画素に第1色成分の色情報を補間する補間手順と、前記第1の画像の色情報と前記補間された色情報とに基づき、第2の画像を出力する出力手順とを備える画像処理方法であって、

前記補間手順は、前記第1の画像の補間対象画素に関して、  
1) 第1色成分の平均情報を可変な演算により求め、  
2) 第1～第 $n$ の何れか少なくとも1つの色成分の曲率情報を固定の演算により求め、  
前記平均情報と前記曲率情報に基づいて前記補間を行うことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 11】請求項 10に記載の画像処理方法において、少なくとも3方向に対する類似性の強弱を判定する類似性判定手順をさらに備え、前記補間手順は、前記類似性判定手順で判定された類似性の強さに応じて前記第1色成分の平均情報の演算を可変にすることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 12】請求項 10または11に記載の画像処理方法において、前記曲率情報を2次微分演算により求めることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 13】請求項 10～12のいずれか1項に記載の画像処理方法において、第1～第3色成分で表される第1の画像を入力するとき、第1～第3の全ての色成分の曲率情報に基づいて前記補間を行うことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 14】請求項 1～13のいずれか1項に記載の画像処理方法の手順をコンピュータに実行させるための画像処理プログラム。

【請求項 15】請求項 14の画像処理プログラムを記録したコンピュータ読みとり可能な記録媒体。

【請求項 16】請求項 14の画像処理プログラムを搭載

した画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デルタ配列のカラーフィルタで得られる画像データを処理する画像処理方法、画像処理プログラム、画像処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】電子カメラは、CCDなどの撮像素子により被写体を撮像する。この撮像素子において、RGB（赤緑青）の3色のカラーフィルタを図24（a）に示すように配列したベイア配列が知られている。また、図24（b）に示すように配列したデルタ配列も知られている。さらに、図24（c）に示すように配列したハニカム配列も知られている。ベイア配列で得られる画像データについては、例えば、米国特許5,552,827号、米国特許5,629,734号、特開2001-245314号公報などのように、各種の画像処理方法が提案されている。

【0003】一方、デルタ配列で得られる画像データについては、特開平8-340455号公報、米国特許5,805,217号などで画像処理方法が提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、米国特許5,805,217号では、デルタ配列固有の特性に応じた画像処理がなされていない。また、特開平8-340455号公報では、簡単な画像復元方法しか提案されていない。また、ベイア配列で提案されている各種の画像処理方法は、必ずしも、そのままデルタ配列に適用できない。

【0005】本発明は、デルタ配列等の三角格子状のカラーフィルタ等で得られた画像データに基づき高精細な正方格子配列した画像データを出力する画像処理方法、画像処理プログラム、画像処理装置を提供する。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は画像処理方法に適用され、複数の色成分からなる表色系で表され、1つの画素に少なくとも1つの色成分の色情報を有する複数の画素からなり、複数の画素は三角格子状に配置された第1の画像を取得する画像取得手順と、取得した第1の画像の色情報を用いて、少なくとも1つの新しい色情報を、第1の画像と同じ三角格子状の画素位置に生成する色情報生成手順と、生成された色情報を含む三角格子状の画素位置にある複数の画素の色情報を、一方向に並ぶ画素間において一次元変位処理を行うことによって、各画素間位置の色情報に変換する画素位置変換手順と、画素位置が変換された色情報を使用して、複数の画素が正方格子状に配置された第2の画像を出力する出力手順を備えるものである。請求項2の発明は、請求項1記載の画像処理方法において、新しい色情報は、第1の画像の表色系の色成分のうち第1の画像の各画素において欠落する色成分の色情報であるとするものである。請求項3の発明は、請求項1記載の画像処理方法におい

て、新しい色情報は、第1の画像の表色系とは異なる表色系の色情報であるとするものである。請求項4の発明は、請求項1～3のいずれか1項に記載の画像処理方法において、一次元変位処理は、正及び負の係数値からなる一次元フィルタを用いて行うこととするものである。請求項5の発明は、請求項1～4のいずれか1項に記載の画像処理方法において、一次元変位処理は、第1の画像に対して、行単位で一行置きに行うこととするものである。請求項6の発明は、請求項1～5のいずれか1項に記載の画像処理方法において、少なくとも3方向に対する類似性の強弱を判定する類似性判定手順をさらに備え、色情報生成手順では、判定された類似性の強さに応じて新しい色情報を生成することとするものである。請求項7の発明は、請求項6に記載の画像処理方法において、類似性判定手順では、少なくとも3方向に対する類似度を算出し、類似度の逆数に基づいて各方向の類似性の強弱を判定することとするものである。請求項8の発明は、請求項1～7のいずれか1項に記載の画像処理方法において、生成された色情報を含む三角格子状の画素位置にある複数の画素の色情報に基づき、三角格子状の画素位置に色差成分の色情報を生成する色差生成手順と、色差生成手順で生成された色差成分の色情報を補正する補正手順とをさらに備えるとするものである。請求項9の発明は、請求項1～7のいずれか1項に記載の画像処理方法において、生成された色情報を含む三角格子状の画素位置にある複数の画素の色情報に基づき、三角格子状の画素位置に輝度成分の色情報を生成する輝度生成手順と、輝度生成手順で生成された輝度成分の色情報を補正する補正手順とをさらに備えるとするものである。請求項10の発明は画像処理方法に適用され、第1～第 $n$ 色成分（ $n \geq 2$ ）で表され、1つの画素に1つの色成分の色情報を有する複数の画素が三角格子状に配置された第1の画像を取得する画像取得手順と、取得した第1の画像の色情報を用いて、第1色成分が欠落する画素に第1色成分の色情報を補間する補間手順と、第1の画像の色情報と補間された色情報とに基づき、第2の画像を出力する出力手順とを備え、補間手順は、第1の画像の補間対象画素に関して、1）第1色成分の平均情報を可変な演算により求め、2）第1～第 $n$ の何れか少なくとも1つの色成分の曲率情報を固定の演算により求め、平均情報と曲率情報に基づいて補間を行うものである。請求項11の発明は、請求項10に記載の画像処理方法において、少なくとも3方向に対する類似性の強弱を判定する類似性判定手順をさらに備え、補間手順は、類似性判定手順で判定された類似性の強さに応じて第1色成分の平均情報の演算を可変にすることとするものである。請求項12の発明は、請求項10または11に記載の画像処理方法において、曲率情報を2次微分演算により求めることとするものである。請求項13の発明は、請求項10～12のいずれか1項に記載の画像処理

方法において、第1～第3色成分で表される第1の画像を入力するとき、第1～第3の全ての色成分の曲率情報に基づいて補間を行うこととするものである。請求項14の発明は、請求項1～13のいずれか1項に記載の画像処理方法の手順をコンピュータに実行させるための画像処理プログラムとするものである。請求項15の発明は、請求項14の画像処理プログラムを記録したコンピュータ読みとり可能な記録媒体とするものである。請求項16の発明は、請求項14の画像処理プログラムを搭載した画像処理装置とするものである。

#### 【0007】

##### 【発明の実施の形態】—第1の実施の形態—

（電子カメラの構成）図1は、第1の実施の形態における電子カメラの機能ブロック図である。電子カメラ1は、A/D変換部10、画像処理部11、制御部12、メモリ13、圧縮／伸長部14、表示画像生成部15を備える。また、メモリカード（カード状のリムーバブルメモリ）16とのインタフェースをとるメモリカード用インタフェース部17および所定のケーブルや無線伝送路を介してPC（パーソナルコンピュータ）18等の外部装置とのインタフェースをとる外部インタフェース部19を備える。これらの各ブロックはバス29を介して相互に接続される。画像処理部11は、例えば、画像処理専用のチップ・マイクロプロセッサで構成される。

【0008】電子カメラ1は、さらに、撮影光学系20、撮像素子21、アナログ信号処理部22、タイミング制御部23を備える。撮像素子21には撮影光学系20で取得された被写体の光学像が結像し、撮像素子21の出力はアナログ信号処理部22に接続される。アナログ信号処理部22の出力は、A/D変換部10に接続される。タイミング制御部23には制御部12の出力が接続され、タイミング制御部23の出力は、撮像素子21、アナログ信号処理部22、A/D変換部10、画像処理部11に接続される。撮像素子21は例えばCCDなどで構成される。

【0009】電子カメラ1は、さらに、リリースボタンやモード切り換え用の選択ボタン等に相当する操作部24およびモニタ25を備える。操作部24の出力は制御部12に接続され、モニタ25には表示画像生成部15の出力が接続される。

【0010】なお、PC18には、モニタ26やプリンタ27等が接続されており、CD-ROM28に記録されたアプリケーションプログラムが予めインストールされている。また、PC18は、不図示のCPU、メモリ、ハードディスクの他に、メモリカード16とのインタフェースをとるメモリカード用インタフェース部（不図示）や所定のケーブルや無線伝送路を介して電子カメラ1等の外部装置とのインタフェースをとる外部インタフェース部（不図示）を備える。

【0011】図1のような構成の電子カメラ1におい

て、操作部24を介し、操作者によって撮影モードが選択されてリリースボタンが押されると、制御部12は、タイミング制御部23を介して、撮像素子21、アナログ信号処理部22、A/D変換部10に対するタイミング制御を行う。撮像素子21は、光学像に対応する画像信号を生成する。その画像信号は、アナログ信号処理部22で所定の信号処理が行われ、A/D変換部10でデジタル化され、画像データとして、画像処理部11に供給される。

10 【0012】本実施の形態の電子カメラ1では、撮像素子21において、R（赤）、G（緑）、B（青）のカラーフィルタがデルタ配列（後述）されているので、画像処理部11に供給される画像データはRGB表色系で示される。画像データを構成する各々の画素には、RGBの何れか1つの色成分の色情報が存在する。

【0013】画像処理部11は、このような画像データに対し、後述する画像データ変換処理を行う他に、階調変換や輪郭強調などの画像処理を行う。このような画像処理が完了した画像データは、必要に応じて、圧縮／伸長部14で所定の圧縮処理が施され、メモリカード用インタフェース部17を介してメモリカード16に記録される。

20 【0014】なお、画像処理が完了した画像データは、圧縮処理を施さずにメモリカード16に記録したり、PC18側のモニタ26やプリンタ27で採用されている表色系に変換して、外部インタフェース部19を介してPC18に供給しても良い。また、操作部24を介し、操作者によって再生モードが選択されると、メモリカード16に記録されている画像データは、メモリカード用インタフェース部17を介して読み出されて圧縮／伸長部12で伸長処理が施され、表示画像生成部15を介してモニタ25に表示される。

30 【0015】なお、伸長処理が施された画像データは、モニタ25に表示せず、PC18側のモニタ26やプリンタ27で採用されている表色系に変換して、外部インタフェース部19を介してPC18に供給しても良い。

40 【0016】（画像処理）次に、デルタ配列で得られた画像データについて、三角格子上で補間処理し、コンピュータ上の取り扱いが容易な正方格子データに復元する処理について説明する。図25は、これらの処理の概念を示す図である。三角格子とは、撮像素子の画素が1行ごとに1/2画素ずれて配列された並びを言う。隣接する各画素の中心を結ぶと三角形を形成する並びである。画素の中心点を格子点と言ってもよい。図24（b）のデルタ配列は、三角格子状に配列されたものである。図24（b）のような配列で得られる画像は、画素が三角配置された画像と言ってもよい。正方格子とは、撮像素子の画素が1行ごとにずれないで配列された並びを言う。隣接する各画素の中心を結ぶと四角形を形成する並びである。図24（a）のペイア配列は正方格子状に配

列されたものである。図 24 (a) のような配列で得られる画像は、画素が矩形 (四角) 配置された画像と言ってもよい。

【0017】また、後述するように、デルタ配列の画像データを 1 行おきに 1/2 画素ずらす処理をすると、正方格子データが生成される。三角格子上で補間処理をするとは、デルタ配列で得られた画像データの状態で補間処理をすることを言う。すなわち、デルタ配列の画素位置に欠落する色成分の色情報を補間することを言う。

【0018】図 2 は、画像処理部 11 が行う画像処理の概要を示すフローチャートである。ステップ S1 では、  
10 デルタ配列の撮像素子 21 で得られた画像を入力する。ステップ S2 において、類似度の算出を行う。ステップ S3 では、ステップ S2 で得られた類似度に基づき類似性を判定する。ステップ S4 では、ステップ S3 で得られた類似性の判定結果に基づいて、各画素において欠落する色成分の補間値を算出する。ステップ S5 では、得られた RGB カラー画像を出力する。ステップ S5 で出力される RGB カラー画像は三角格子上で得られた画像データである。

【0019】次に、ステップ S6 で、三角格子上で得られた画像データに対して 1 次元変位処理を行う。1 次元変位処理は、後述するように、1 行おきの画像データに対して行う。ステップ S7 で、1 次元変位処理を行った画像データと行わなかった画像データを合わせて正方格子画像データを出力する。ステップ S1～S5 は、三角格子上での補間処理であり、ステップ S6、S7 は正方  
20 化処理である。以下、これらの処理の詳細について説明する。

【0020】—三角格子上補間処理—

以下の説明では、代表して R 画素位置での補間処理につ

$$C000 = \{ |G000-Rctr| + |B180-Rctr| + (G000+B180)/2 - Rctr \} / 3 \dots (1)$$

$$C120 = \{ |G120-Rctr| + |B300-Rctr| + (G120+B300)/2 - Rctr \} / 3 \dots (2)$$

$$C240 = \{ |G240-Rctr| + |B060-Rctr| + (G240+B060)/2 - Rctr \} / 3 \dots (3)$$

このように隣接画素間で定義される異色間類似度は、デルタ配列の三角格子で規定されるナイキスト周波数の画像構造を空間的に解像させる能力を持つ。

【0024】次に、類似度の周辺加算を行って周辺画素との連続性を考慮することにより、類似度の精度を上げ

$$\begin{aligned} c000 = & \{ 6 \cdot C000[Rctr] \\ & + C000[R030] + C000[R150] + C000[R270] \\ & + C000[R210] + C000[R300] + C000[R090] \} / 12 \dots (4) \end{aligned}$$

120 度方向の c120、240 度方向の c240 も同様に求め

る。

【0025】2. 類似性判定

上述した類似度は値が小さいほど大きな類似性を示すので、各方向の類似性の強弱を、類似度の逆数比で連続的

$$w000 = (c120 \cdot c240 + Th) / (c120 \cdot c240 + c240 \cdot c000 + c000 \cdot c120 + 3 \cdot Th) \dots (5)$$

$$w120 = (c240 \cdot c000 + Th) / (c120 \cdot c240 + c240 \cdot c000 + c000 \cdot c120 + 3 \cdot Th) \dots (6)$$

$$w240 = (c000 \cdot c120 + Th) / (c120 \cdot c240 + c240 \cdot c000 + c000 \cdot c120 + 3 \cdot Th) \dots (7)$$

いて説明する。図 3 は、デルタ配列の撮像素子 21 により得られた画素の位置関係を示す図である。撮像素子 21 の画素は 1 行ごとに 1/2 画素ずれて配置され、カラーフィルターは RGB の色成分が 1:1:1 の割合で各画素上に配列されている。すなわち、均等に色配分されている。参考に、ベイヤ配列のカラーフィルタは RGB が 1:2:1 の割合で配列されている (図 24 (a))。

【0021】R 成分の色情報を有する画素を R 画素、B 成分の色情報を有する画素を B 画素、G 成分の色情報を有する画素を G 画素と言う。撮像素子 21 で得られた画像データは、各画素に 1 つの色成分の色情報しか有しない。補間処理は、各画素に欠落する他の色成分の色情報を計算により求める処理である。以下、R 画素位置に G、B 成分の色情報を補間する場合について説明する。

【0022】図 3 において、R 画素である処理対象画素 (補間対象画素) を Rctr と呼ぶ。また、画素 Rctr の周辺に存在する各画素位置を角度を用いて表現する。例えば、60 度方向に存在する B 画素を B060、G 画素を G060 と表現する。ただし、この角度は厳密な角度ではなく近似的なものである。また、0 度-180 度を結ぶ方向を 0 度方向、120 度-300 度を結ぶ方向を 120 度方向、240 度-60 度を結ぶ方向を 240 度方向、30 度-210 度を結ぶ方向を 30 度方向、150 度-330 度を結ぶ方向を 150 度方向、270 度-90 度を結ぶ方向を 270 度方向と呼ぶことにする。

【0023】1. 類似度の算出

0 度、120 度、240 度方向の類似度 C000、C120、C240 を算出する。第 1 の実施の形態では、式 (1) (2) (3) に示すように、異なる色成分間で構成される異色間類似度を求め

る。ここでは各画素について求めた上記類似度を、R 位置について図 4 に示す係数を使用して周辺加算を行う。周辺加算を行った類似度を小文字で表記する。[] は、処理対象画素から見たデルタ配列上の画素位置を表す。式 (4) は 0 度方向の類似度の周辺加算を示す。

に変化するように判定する。すなわち (1/c000):(1/c120):(1/c240) で判定する。具体的には、次の加重係数を演算する。

【0026】各方向の類似性を 1 で規格化された加重係数 w000、w120、w240 として表すと、

により求まる。ただし、閾値 $Th$ は発散を防ぐための項で正の値をとる。通常 $Th=1$ とすればよいが、高感度撮影画像などノイズの多い画像に対してはこの閾値を上げるとよい。加重係数 $w000$ 、 $w120$ 、 $w240$ は、類似性の強弱に応じた値となる。

【0027】ベイヤ配列では、米国特許5,552,827号、米国特許5,629,734号、特開2001-245314号に示されるように、G補間における方向判定法として、加重係数による連続的判定法と閾値判定による離散的判定法の2通りがある。ベイヤ配列では、最隣接G成分が補間対象画素

に対して4方向と密に存在するため、連続的判定法と離

＜平均情報＞  
 $Gave = w000 \cdot Gave000 + w120 \cdot Gave120 + w240 \cdot Gave240 \dots (8)$

$Bave = w000 \cdot Bave000 + w120 \cdot Bave120 + w240 \cdot Bave240 \dots (9)$

ここで、

$Gave000 = (2 \cdot G000 + G180) / 3 \dots (10)$

$Bave000 = (2 \cdot B180 + B000) / 3 \dots (11)$

$Gave120 = (2 \cdot G120 + G300) / 3 \dots (12)$

$Bave120 = (2 \cdot B300 + B120) / 3 \dots (13)$

$Gave240 = (2 \cdot G240 + G060) / 3 \dots (14)$

$Bave240 = (2 \cdot B060 + B240) / 3 \dots (15)$

である。

＜曲率情報＞

$dR = (6 \cdot Rctr - R030 - R090 - R150 - R210 - R270 - R330) / 12 \dots (16)$

＜補間値＞

$Gctr = Gave + dR \dots (17)$

$Bctr = Bave + dR \dots (18)$

【0029】通常、ベイヤ配列のG補間においては、最隣接G成分を用いて平均情報を求める。しかし、デルタ配列の場合は同様にすると縦線や30度方向、150度方向の境界線がブツブツになる問題が生じることが実験的に判明した。これは、例えば縦線境界の場合、加重係数が $w000 \approx 0$ 、 $w120 \approx w240 \approx 0.5$ になっていると想定され、2方向間で平均処理を行う部分に相当する。しかしながら、最隣接画素平均だけでは、縦線に沿ってある点では左側の2点平均をとり、次の隣の斜め右上あるいは右下の点では右側の2点平均をとることになってしまうためと考えられる。

【0030】そこで、第2隣接画素まで考慮して補間対象画素からの距離比に応じた平均処理を行うと、例えば縦線の場合、常に右側と左側の両方から平均をとるので、縦線、30度方向、150度方向の境界線のブツブツが劇的に改善する。故に、式(10)～(15)に示すように、第2隣接画素まで含む平均処理を行う。これにより、30度、150度、270度方向の空間解像力が向上する。例えば、式(10)において、 $G000$ が最隣接画素あるいは第1隣接画素であり、 $G180$ が第2隣接画素である。式(12)において、 $G120$ が最隣接画素あるいは第1隣接画素であり、 $G300$ が第2隣接画素である。他の式も同様である。第1隣接画素は約1画素ピッチ離れた画素であり、第2隣接

散的判定法のどちらを使用してもおおよそ問題なく使える。しかし、最隣接G成分が0度方向、120度方向、240度方向の3方向にしか存在しないデルタ配列においては加重係数による連続的な方向判定が重要となる。最隣接G成分とは、補間対象画素と辺を接する画素でG成分を有するものである。図3では、 $G000$ 、 $G120$ 、 $G240$ である。

【0028】3. 補間値算出

G成分、B成分の補間値を上記加重係数を用いて算出する。補間値は、平均情報と曲率情報の2つの項からなる。

画素は約2画素ピッチ離れた画素と言える。 $Rctr$ と $G120$ は約1画素ピッチ離れており、 $Rctr$ と $G300$ は約2画素ピッチ離れていると言える。図22は、隣接画素について定義する図である。 $center$ は処理対象画素であり、 $nearest$ は最近接あるいは最隣接あるいは第1隣接画素であり、 $2nd$ は第2隣接画素である。

【0031】また、ベイヤ配列補間の従来技術において、曲率情報 $dR$ に相当する項は平均情報と同じ方向性を考慮して算出するのが普通である。しかしながら、デルタ配列においては、平均情報の方向性(0度、120度、240度方向)と抽出可能な曲率情報の方向性(30度、150度、270度方向)が一致していない。このような場合、30度方向と150度方向の曲率情報を平均して0度方向の曲率情報を定義し、ベイヤ配列と同様に曲率情報の方向性を考慮して補間値を算出することも可能であるが、曲率情報は方向性を考慮せずに一律に抽出するほうが効果が大きいことが実験的に判明した。従って、本実施の形態では、方向性のない曲率情報で方向性を考慮した平均情報を補正する。これにより、あらゆる方向の高周波領域まで階調鮮明性を向上させることが可能となる。

【0032】曲率情報 $dR$ を求める式(16)は、図5に示す係数値が使用される。式(16)は、補間対象画素 $Rctr$ と周辺画素の差分とその反対側の周辺画素と補間対象画素 $Rc$

trの差分とを求めさらにそれらの差分を求めている。従って、2次微分演算により求められている。

【0033】また、曲率情報dRとは、ある色成分の色情報の変化する度合いを示す情報である。ある色成分の色情報の値をプロットして曲線で表した場合、その曲線の曲がりの変化、曲がり具合を示す情報である。すなわち、色成分の色情報の変化の凹凸に関する構造情報が反映された量である。本実施の形態では、R画素位置の曲率情報dRは、補間対象画素のRctrと周辺のR画素の色情報を使用して求める。G画素位置の場合はG成分、B画素位置の場合はB成分の色情報を使用する。

【0034】以上のようにして、「R画素位置におけるG、B成分の補間処理」を行うことができた。「G画素位置におけるB、R成分の補間処理」は、「R画素位置におけるG、B成分の補間処理」の記号をRをGに、GをBに、BをRに循環的に置き換えて全く同様の処理を行えばよい。また、「B位置におけるR、G成分の補間処理」は、「G位置におけるB、R成分の補間処理」の記号をGをBに、BをRに、RをGに循環的に置き換えて全く同様の処理を行えばよい。すなわち、各補間処理において同一の演算ルーチン（サブルーチン）を使用することが可能である。

【0035】以上のようにして復元された画像は、空間方向に関してデルタ配列が持つ限界解像性能を全て引き出すことができる。すなわち、周波数空間（k空間）で見ると、図6に示すように、デルタ配列が持つ六角形の無彩色再現領域を全て解像する。また、階調方向に対しても鮮明な画像が得られる。特に無彩色部の多い画像に対しては極めて有効な手法である。

【0036】－正方化処理－

次に、上述のように三角格子上で補間処理された画像データを、コンピュータ上の取り扱いが容易な正方格子データに復元する処理について説明する。行単位で1/2画素ずつずれた単板撮像素子のデータを、3色揃った正方格子データに復元する従来技術として、デルタ配列については特開平8-340455号公報、ハニカム配列については特開平2001-103295号公報、特開平2000-194386号公報等がある。

$$\begin{aligned} \text{tmp\_R}[x,y] = & \{-1 * R[x - (3/2) \text{pixel.y}] + 5 * R[x - (1/2) \text{pixel.y}] \\ & + 5 * R[x + (1/2) \text{pixel.y}] - 1 * R[x + (3/2) \text{pixel.y}]\} / 8 \dots (19) \end{aligned}$$

$$R[x,y] = \text{tmp\_R}[x,y] \dots (20)$$

G成分、B成分についても同様に求めている。式(19)の処理を、キュービック変位処理と言う。また、1次元方向の位置を変位処理しているのが1次元変位処理とも言う。図7は、式(19)で使用する係数値を示す図である。上記キュービックによる1次元変位処理は正および負の係数値からなる1次元フィルタをかける処理と言える。

【0042】上述したような画像復元方法は、三角配置の限界解像度を最大限に維持できるだけでなく、三角格子上の画像復元処理は全ての画素で同一の処理ルーチン

【0037】特開平8-340455号公報では、三角格子と異なる画素位置に復元データを生成したり、三角格子より倍の画素密度を持つ仮想正方格子に復元データを生成したりする例を示している。また、三角格子と半分の行は同じ画素位置に復元して、残りの半分の行は三角格子と1/2画素ずれた画素位置に復元する例も示している。しかし、これは直接正方格子位置で補間処理を実現し、三角格子の隣接画素との距離が変わると別々の補間処理を適用するものである。一方、特開平2001-103295号公報では2次元のキュービック補間により正方化し、特開平2000-194386号公報では仮想的な倍密正方格子データを生成している。

【0038】このように色々なやり方が存在するが、本第1の実施の形態では、デルタ配列の性能を最大限に維持する方式を示す。

【0039】本第1の実施の形態では、上述したように、まず、デルタ配列と同じ画素位置に三角格子のまま補間データを復元している。これにより、デルタ配列が持つ空間周波数の限界解像性能を引き出すことができる。また、色差補正処理やエッジ強調処理も三角配置のままで行うとその効果が等方的にうまく作用する。従って、いったん三角格子上で画像復元し、各画素にRGB値を生成する。

【0040】次に、三角格子上で生成された画像データを正方化変換する。三角格子の解像性能を保持するには、できるだけ元のデータを残すことが重要であることが実験的に判明した。したがって、一行置きに半分の行だけ1/2画素ずらす変位処理を行い、残り半分の行は処理せず三角配置が持つ縦線のナイキスト解像を維持させる。変位処理は、処理対象行の一次元内でキュービック補間により自己推定させると、正方格子のナイキスト周波数の影響は多少受けるものの、ほとんど問題なく三角格子の縦線解像度が維持できることが実験により確認された。

【0041】すなわち、偶数行について、以下の式(19)の処理を行い、その後、式(20)の代入処理を行う。これにより、[x,y]の画素位置のR成分の色情報を求める。

を使うことが可能で、最後に半分の行だけ単純な一次元処理を施すだけで済むので、データ量の増加を伴わず、従来技術に比べより簡略なアルゴリズムを達成することができる。特にハードウェアで実現する場合にはその効果は大きい。

【0043】－第2の実施の形態－

第1の実施の形態では、異色間類似度を求めて類似性を判定するものであったが、第2の実施の形態では同色間類似度を求めて類似性を判定する。第2の実施の形態

は、彩色部を多く含む画像に対して有効である。第2の実施の形態の電子カメラ1の構成は、第1の実施の形態の図1と同様であるのでその説明を省略する。画像処理について、第1の実施の形態と異なる部分を中心に説明する。特に記載がなければ第1の実施の形態と同様とする。

#### 【0044】（画像処理）

—三角格子補間処理—

$$C000 = \{(|R000-Rctr|+|R180-Rctr|)/2+|G000-G180|+|B000-B180|\}/3 \dots (20)$$

$$C120 = \{(|R120-Rctr|+|R300-Rctr|)/2+|G120-G300|+|B120-B300|\}/3 \dots (21)$$

$$C240 = \{(|R240-Rctr|+|R060-Rctr|)/2+|G240-G060|+|B240-B060|\}/3 \dots (22)$$

このように定義される同色間類似度は、彩色部における0度方向の横線や120度方向、240度方向の画像構造を空間的に解像させる能力を持ち、また色収差のある系に対しても影響を受けることなく画像構造を判別する能力を有する。

【0045】次に、第1の実施の形態と同様にして、類似度の周辺加算を行う。

<曲率情報>

$$dR = (6 \cdot Rctr - R030 - R090 - R150 - R210 - R270 - R330) / 12 \dots (23)$$

$$dG = ((G000 + G120 + G240) - (G060 + G180 + G300)) / 6 \dots (24)$$

$$dB = ((B060 + B180 + B300) - (B000 + B120 + B240)) / 6 \dots (25)$$

<補間値>

$$Gctr = Gave + (dR + dG + dB) / 3 \dots (26)$$

$$Bctr = Bave + (dR + dG + dB) / 3 \dots (27)$$

【0048】第2の実施の形態では、第1の実施の形態と異なり3色の曲率情報で平均情報を補正している。これは、従来技術の特開2001-245314号公報に開示されているように、彩色部や色収差を含む画像においてdRのみによる過補正を防ぎつつ、階調方向の鮮明性を保つためである。ただし、特開2001-245314号公報はベイヤ配列に関するものである。このように3色の曲率情報を使用する場合でも、ベイヤ配列の場合と違って、第1の実施の形態と同様に、RGB3成分とも方向性のない曲率情報による補正が、最もあらゆる方向に対して階調鮮明性を上げる効果が高いことが実験により判明した。また、デルタ配列がR:G:B=1:1:1からなるので、3成分の曲率情報を1:1:1で用いるのがよいことも分かった。図9は、式(23)(24)(25)で使用する係数値を図示したものである。

【0049】以上のようにして、「R画素位置におけるG、B成分の補間処理」を行うことができた。「G画素位置におけるB、R成分の補間処理」、「B位置におけるR、G成分の補間処理」も、第1の実施の形態と同様に、RGBをそれぞれ循環的に置きかえることによって求める。正方正化処理も、第1の実施の形態と同様に行うことができる。

【0050】以上のように、第2の実施の形態の復元処理は、彩色部を含む画像に対しても色境界を判別して解像させることができ、かつ階調方向の過補正を引き起こ

#### 1. 類似度の算出

0度、120度、240度方向の類似度C000、C120、C240を算出する。第2の実施の形態では、式(20)(21)(22)に示すように、同じ色成分間で構成される同色間類似度を求める。3画素ピッチ離れた画素間の演算が行われる。図8は、式(20)(21)(22)で使用する画素位置を示す図である。

#### 【0046】2. 類似性判定

第1の実施の形態と同様である。

#### 【0047】3. 補間値算出

G成分、B成分の補間値を算出する。補間値は、平均情報と曲率情報の2つの項からなる。

<平均情報>：第1の実施の形態と同様である。

すことなく鮮明な画像を得ることができる。また、色収差を含むような系に対しても強い。

#### 【0051】—第3の実施の形態—

ベイヤ配列で得られる画像データの画像処理においては通常、補間処理後に画像に残っている偽色を低減するためにRGB信号を、輝度と色差からなるYCbCrに変換し、Cb、Cr面で色差ローパスフィルタを掛けたり、色差メディアンフィルタを掛けたりして偽色を除去し、RGB表色系に戻す事後処理が行われる。また、光学ローパスフィルタ等による鮮明度の低下を補うために、輝度成分Y面にエッジ強調処理を施したりする。デルタ配列の場合も、全く同様の事後処理を適応してもよい。

【0052】しかし、第3の実施の形態では、デルタ配列に適した事後処理の方法を示す。第3の実施の形態の電子カメラ1の構成は、第1の実施の形態の図1と同様であるのでその説明を省略する。

【0053】図10は、第3の実施の形態において、画像処理部11が行う画像処理の概要を示すフローチャートである。第1の実施の形態と同様に三角格子上で補間処理が行われるものとする。図10は、補間処理後のRGBカラー画像を入力するところがスタートする。すなわち、第1の実施の形態の図2のステップS1～S5が終了し、その後、図10のフローチャートが開始する。

【0054】ステップS11では、補間処理後のRGBカラー画像データを入力する。ステップS12において、RGB表色系から本第3の実施の形態特有のYCrCb表色系に変換する。ステップS13では、色差面(CrCb面)に対してローパスフィルタ処理を行う。ステッ

ブ S 1 4 では、輝度面 (Y 面) に対してエッジ強調処理を行う。ステップ S 1 5 では、色差面の偽色が除去された段階で、YCrCb 表色系を元の RGB 表色系に戻す変換をする。ステップ S 1 6 において、得られた RGB カラー画像データを出力する。ステップ S 1 6 で出力される RGB カラー画像データは三角格子上で得られた画像データである。

【0055】三角格子上で得られた画像データに対して正角化処理をする場合は、第 1 の実施の形態と同様に、図 2 のステップ S 6、S 7 の処理を行う。以下、上述の

#### 【0056】1. 表色系変換

RGB 表色系から YCrCb 表色系に変換する。ただし、YCrCb 表色系は、式 (28) ~ (31) で表されるものとして定義する。

$$Y[i,j] = (R[i,j] + G[i,j] + B[i,j]) / 3 \quad \dots (28)$$

$$Cr[i,j] = R[i,j] - Y[i,j] \quad \dots (29)$$

$$Cg[i,j] = G[i,j] - Y[i,j] \quad \dots (30)$$

$$Cb[i,j] = B[i,j] - Y[i,j] \quad \dots (31)$$

【0057】サーキュラーゾーンプレートを撮像して三角格子上で補間処理した後、式 (28) のように、Y 面生成

<ローパス処理>

$$\begin{aligned} tmp\_Cr[center] = & \{9 * Cr[center] \\ & + 2 * (Cr[nearest000] + Cr[nearest120] + Cr[nearest240] \\ & + Cr[nearest180] + Cr[nearest300] + Cr[nearest060]) \\ & + Cr[2nd000] + Cr[2nd120] + Cr[2nd240] \\ & + Cr[2nd180] + Cr[2nd300] + Cr[2nd060])\} / 27 \quad \dots (32) \end{aligned}$$

tmp\_Cg、tmp\_Cb についても同様に処理する。

<代入処理>

$$Cr[i,j] = tmp\_Cr[i,j] \quad \dots (33)$$

$$Cg[i,j] = tmp\_Cg[i,j] \quad \dots (34)$$

$$Cb[i,j] = tmp\_Cb[i,j] \quad \dots (35)$$

#### 【0059】3. エッジ強調処理

次に、輝度面 Y に対するエッジ強調処理が必要であれ

$$\begin{aligned} YH[center] = & \{6 * Y[center] \\ & - (Y[nearest000] + Y[nearest120] + Y[nearest240] \\ & + Y[nearest180] + Y[nearest300] + Y[nearest060])\} / 12 \quad \dots (36) \end{aligned}$$

<エッジ強調処理>

$$Y[center] = Y[center] + K * YH[center] \quad \dots (37)$$

ここで、K は零以上の値で、エッジ強調の加減を調整するパラメータである。

#### 【0060】4. 表色系変換

前述した通り色差補正処理がなされ、色差面の偽色が除去された段階で、元の RGB 表色系に戻す。

$$R[i,j] = Cr[i,j] + Y[i,j] \quad \dots (38)$$

$$G[i,j] = Cg[i,j] + Y[i,j] \quad \dots (39)$$

$$B[i,j] = Cb[i,j] + Y[i,j] \quad \dots (40)$$

【0061】このように、輝度解像を R:G:B=1:1:1 の比で生成した Y 成分に待避させ、3 種類の均等に扱った色差成分 Cr、Cg、Cb を導入することにより、極めて偽色抑制

において RGB を均等に扱う変換を行うと、図 6 の六角形の角の部分を中心に発生するような色モアレが、完全に輝度面 Y からは消え去るようになる。その結果、全ての偽色要素を色差成分 Cr、Cg、Cb に含ませることができ。そして、従来扱われている 2 種類の色差成分ではなく、第 3 の実施の形態では 3 種類の色差成分を用意して扱っているので、デルタ配列固有の全ての偽色要素を取り出すことができる。

#### 【0058】2. 色差補正

ここでは、色差補正の処理として色差面に対して式 (32) によりローパス処理を行う例を示す。三角格子 (三角配置) 上で色差ローパスフィルタを掛けるとその偽色低減効果は全方向に対して相性よく得られる。また、三角格子上のメディアンフィルタ処理でもよい。ここで [ ] は、図 2 2 に示すように、処理対象画素から見た三角格子上の画素位置を表すものとする。図 1 1 は、式 (32) に使用する係数値を図示するものである。なお、ローパスフィルタはここに示すものに留まらず、他のものを用いてもよい。図 1 2、図 1 3 に他のローパスフィルタの例を示す。

ば、三角格子上で以下の処理を行う。

<バンドパス処理> 三角格子上のラプラシアン処理によりエッジ抽出する。図 1 4 は、式 (36) のラプラシアン処理に使用する係数値を図示するものである。なお、ラプラシアンはここに示すものに留まらず、他のものを用いてもよい。図 1 5、図 1 6 に他のラプラシアンの例を示す。

能力の高い色差補正が可能となる。また、色差補正処理や輝度補正処理を三角格子で行うことにより、デルタ配列の方向性に適した補正処理が可能となる。

#### 【0062】- 第 4 の実施の形態 -

第 1 の実施の形態では、三角格子において、各画素に欠落する色成分の色情報を補間する処理について説明した。第 4 の実施の形態では、第 1 の実施の形態の RGB 面内における補間処理とは異なる系統の画像復元処理の例を示す。これは、デルタ配列から、RGB 面内の補間処理を介さずに直接輝度成分と色差成分を作る方式である。思想的に第 3 の実施の形態で示した 1 つの輝度面と 3 つの色差面に分離することの有用性を引き継ぎ、輝度面には無彩色の輝度解像力を最大限に引き出す役割を担

当させ、3つの色差面には3原色の色解像力を最大限に引き出す役割を担当させている。

【0063】第4の実施の形態の電子カメラ1の構成は、第1の実施の形態の図1と同様であるのでその説明を省略する。

【0064】(画像処理)図17は、デルタ配列のデルタ面から、直接、輝度面(Y)と3つの色差面(Cgb,Cbr,Crg)を生成し、その後、元のRGBの表色系に変換する概念を示す図である。図18は、第4の実施の形態において、画像処理部11が行う画像処理の概要を示すフローチャートである。

【0065】ステップS21では、デルタ配列の撮像素子21で得られた画像を入力する。ステップS22において、類似度の算出を行う。ステップS23では、ステップS22で得られた類似度に基づき類似性を判定する。ステップS24では、ステップS23で得られた類似性の判定結果とステップS21で得られたデルタ配列の画像データに基づき輝度面(Y0面)を生成する。ステップS25では、ステップS24で得られた輝度面(Y0面)に対して補正処理を行う。

【0066】一方、ステップS26では、ステップS23で得られた類似性の判定結果とステップS21で得られたデルタ配列の画像データに基づき、色差成分Cgb,Cbr,Crgを生成する。ステップS26では、まだ、すべての画素においてすべての色差成分Cgb,Cbr,Crgが生成されてはいない。ステップS27で、生成されていない色差成分を周辺の色差成分に基づき補間処理をする。その結果、Cgb,Cbr,Crgの色差面が完成する。

$$\langle G \rangle_{2nd} = Gave = w000 * Gave000 + w120 * Gave120 + w240 * Gave240 \dots (41)$$

$$\langle B \rangle_{2nd} = Bave = w000 * Bave000 + w120 * Bave120 + w240 * Bave240 \dots (42)$$

これらと中心のR成分を用いて、式(43)により輝度成分Y0を生成する。

$$Y0 = Rctr + \langle G \rangle_{2nd} + \langle B \rangle_{2nd} \dots (43)$$

【0071】このようにして生成される輝度成分は、正の方向加重係数を用いて常に一定の色成分比で中心画素を含みながら生成されるので、極めて階調鮮明性の潜在能力が高く、空間解像力の高い画像が得られ、かつ色収差に影響されずに極めて滑らかに周辺画素と連結する画像が得られる。例えば、無彩色のサーキュラーゾーンプレートに対して、異色間類似度を類似度として採用した場合、第1の実施の形態と同様に空間解像度は図6の限界解像まで達する。

#### 【0072】2) 輝度成分補正

上述した輝度面は正の係数のみを用いて生成されているので、そこに含まれている階調鮮明性の潜在能力を引き

<バンドパス処理>

$$\begin{aligned} YB[center] = & \{ 6 * Y0[center] \\ & - (Y0[2nd030] + Y0[2nd150] + Y0[2nd270] \\ & + Y0[2nd210] + Y0[2nd330] + Y0[2nd090]) \} / 12 \dots (44) \end{aligned}$$

<補正処理>

【0067】ステップS28では、生成されたY,Cgb,Cbr,Crgの表色系からRGB表色系に変換する。ステップS29で、変換されたRGBカラー画像データを出力する。ステップS21～ステップS29は、すべて三角格子上で処理である。従って、ステップS29で出力されるRGBカラー画像データは、三角格子の画像データである。以下、これらの処理の詳細について説明する。なお、正化処理が必要な場合は、第1の実施の形態の図2のステップS6、S7と同様の処理を行う。

#### 【0068】1. 類似度の算出

まず、類似度の算出を行う。ここでは、任意の方式で求められる類似度でよい。ただし、できるだけ正確なものを利用するものとする。例えば、第1の実施の形態で示した異色間類似度や、第2の実施の形態で示した同色間類似度や、それらを組み合わせて用いたもの、あるいは色指標等によって異色間類似度と同色間類似度を切り替えて用いたものでもよい。

#### 【0069】2. 類似性判定

第1の実施の形態と同様にして判定する。

#### 【0070】3. 復元値算出

##### 1) 輝度成分生成

まず、デルタ面を方向類似性に応じて変化する正の係数で常にR:G:B=1:1:1となるように加重加算して輝度面を生成する。その加重加算の範囲は第1の実施の形態と同様の理由によって、G成分とB成分は第2隣接画素までとる。すなわち、第1の実施の形態の式(10)～式(15)の定義式を用いてもう一度、式(8)(9)を書き直すと式(41)(42)のようになる。

出すために、ラプラシアンによる補正処理を行う。輝度面Y0は、方向性を考慮して周辺画素と極めて滑らかに連結するように作られているので、補正処理は新たに方向性に応じて計算しなければならないような補正項の算出は不要で、固定バンドパスフィルタによる単一処理でよい。三角配置におけるラプラシアンの取り方は、第3の実施の形態の図14～図16に示すようにいくつかの方法が可能である。しかし、若干なりとも最適度を上げるならば、輝度面Y0が0度、120度、240度方向のC,B成分を集めてしか生成しえないので、その間隙の方向を埋め合わせるために、ここではそれとは独立な30度、150度、270度方向の図15のラプラシアンで補正する場合を示す(式(44))。補正された輝度成分をYとする。

#### 【0073】

$$Y[center] = Y[center] + k * YB[center] \dots (45)$$

ここで、 $k$ は正の値で通常1とする。ただし、1より大きい値に設定することで、第3の実施の形態に示したようなエッジ強調処理をここで兼ね備えることもできる。

#### 【0074】3) 色差成分生成

3つの色差面は第3の実施の形態の定義と異なり、輝度面 $Y$ とは独立にデルタ面から直接生成する。3つの色差成分 $C_{gb}$ ,  $C_{br}$ ,  $C_{rg}$ を求める。ただし、 $C_{gb}=G-B$ ,  $C_{br}=B-R$ ,  $C_{rg}=R-G$ と定義する。

【0075】まず、 $R$ 位置において $C_{rg}$ と $C_{br}$ を求める。中心画素の $R$ 成分と周辺画素の $G$ 成分もしくは $B$ 成分との差分値を方向性を考慮しながら算出する。

$$C_{rg}=R_{ctr}-\{<G>_{2nd}+dG\} \dots (46)$$

$$C_{br}=\{<B>_{2nd}+dB\}-R_{ctr} \dots (47)$$

ここに、 $dG$ ,  $dB$ は、第2の実施の形態の式(24)(25)で定義されたものと同じで、 $<G>_{2nd}$ ,  $<B>_{2nd}$ は式(41)

$$\begin{aligned} C_{gb}[\text{center}] &= w000 * (C_{gb}[\text{nearest000}] + C_{gb}[\text{nearest180}]) / 2 \\ &\quad + w120 * (C_{gb}[\text{nearest120}] + C_{gb}[\text{nearest300}]) / 2 \\ &\quad + w240 * (C_{gb}[\text{nearest240}] + C_{gb}[\text{nearest060}]) / 2 \dots (48) \end{aligned}$$

【0078】以上のようにして、全ての画素に $Y$ ,  $C_{gb}$ ,  $C_{br}$ ,  $C_{rg}$ の4成分が求まる。必要に応じて、色差面 $C_{gb}$ ,  $C_{br}$ ,  $C_{rg}$ に対しては第3の実施の形態と同様の色差ローパスフィルタ等の補正処理を行って、偽色抑制を図ってもよい。

#### 【0079】4) 表色系変換

各画素に生成された $Y$ ,  $C_{gb}$ ,  $C_{br}$ ,  $C_{rg}$ を $R$ ,  $G$ ,  $B$ 表色系に変換する。 $Y=(R+G+B)/3$ ,  $C_{gb}=G-B$ ,  $C_{br}=B-R$ ,  $C_{rg}=R-G$ は独立な

$$R[i,j] = (9*Y[i,j] + C_{gb}[i,j] - 2*C_{br}[i,j] + 4*C_{rg}[i,j]) / 9 \dots (49)$$

$$G[i,j] = (9*Y[i,j] + 4*C_{gb}[i,j] + C_{br}[i,j] - 2*C_{rg}[i,j]) / 9 \dots (50)$$

$$B[i,j] = (9*Y[i,j] - 2*C_{gb}[i,j] + 4*C_{br}[i,j] + C_{rg}[i,j]) / 9 \dots (51)$$

【0080】以上説明したように、第4の実施の形態の画像復元方法は、極めて階調鮮明性が高く、空間方向にも優れた輝度解像性能と色解像性能を同時に達成しつつ、色収差に対しても強いという効果を発揮する。正方向化処理が必要な場合は、第1の実施の形態と同様に行うことができる。

#### 【0081】-第5の実施の形態-

第2の実施の形態では、同色間類似度を求めて類似性を判定した。このとき、0度、120度、240度方向の類似度のみを求めるものであった。しかし、第5の実施の形態では、30度、150度、270度方向の類似度も求めるようにしたものである。第5の実施の形態の電子カメラ1の構成は、第1の実施の形態の図1と同様であるのでその説明を省略する。

【0082】 $R$ 画素位置に $G$ 、 $B$ 成分を補間する場合を中心に述べる。また、第2の実施の形態の図8を参照す

$$C000 = \{(|R000-R_{ctr}| + |R180-R_{ctr}|) / 2 + |G000-G180| + |B000-B180|\} / 3 \dots (52)$$

$$C120 = \{(|R120-R_{ctr}| + |R300-R_{ctr}|) / 2 + |G120-G300| + |B120-B300|\} / 3 \dots (53)$$

$$C240 = \{(|R240-R_{ctr}| + |R060-R_{ctr}|) / 2 + |G240-G060| + |B240-B060|\} / 3 \dots (54)$$

【0084】このように定義される同色間類似度は、 $R$ 画素位置に欠落する $G$ 成分と $B$ 成分が存在する方向と一

(42)と同じである。色差成分の生成においても第1の実施の形態と同様に、第2隣接画素までを含む平均情報を算出し、輝度成分との整合性をとることにより、30度、150度、270度方向の解像力を上げている。また、 $dG$ と $dB$ は必ずしも必要な訳ではないが、色解像力と色鮮やかさを上げる効果があるので付加している。

【0076】 $G$ 位置における色差成分 $C_{gb}$ ,  $C_{rg}$ 、および $B$ 位置における色差成分 $C_{br}$ ,  $C_{gb}$ も同様にして求める。この時点で $R$ 位置には $C_{rg}$ ,  $C_{br}$ 成分が、その最隣接画素には $C_{gb}$ 成分が求まっている。図19は、その様子を示す図である。

【0077】次に、 $R$ 位置周辺画素の $C_{gb}$ 成分を用いて式(48)より $R$ 位置に $C_{gb}$ 成分を求める(補間処理)。このとき、 $R$ 位置で求まっている方向判定結果を用いて算出する。

4式ではなく、 $C_{gb}+C_{br}+C_{rg}=0$ の関係を満たす。すなわち、4対3変換なので変換方法は一意的ではないが、色モアレを抑制し、輝度解像度と色解像度を最高にするため、 $R$ ,  $G$ ,  $B$ それぞれの変換式に全ての $Y$ ,  $C_{gb}$ ,  $C_{br}$ ,  $C_{rg}$ 成分が含まれるようにし、相互のモアレ相殺効果を利用する。こうして $Y$ ,  $C_{gb}$ ,  $C_{br}$ ,  $C_{rg}$ 各面がそれぞれに役割分担して生成されてきた最高性能の全てを、 $R$ ,  $G$ ,  $B$ の各々に反映させることができる。

$R$ 画素位置において $G$ 成分の最隣接画素は隣接して0度、120度、240度を指す位置に3つあり、第2隣接画素は2画素分離れた60度、180度、300度を指す位置に3つある。 $B$ 成分も同様に、最隣接画素は隣接して60度、180度、300度を指す位置に3つあり、第2隣接画素は2画素分離れた0度、120度、240度を指す位置に3つある。また、 $R$ 成分の最隣接画素は2画素分離れた30度、90度、150度、210度、270度、330度を指す位置に6つあり、第2隣接画素は3画素分離れた0度、60度、120度、180度、240度、300度を指す位置に6つある。

#### 【0083】1. 類似度の算出

##### 1) 3画素間隔同色間類似度の算出

0度、120度、240度方向の類似度 $C000$ ,  $C120$ ,  $C240$ を算出する。これらの方向の同じ色成分間で構成される同色間類似度は、3画素間隔より短く定義することができない。

致する方向性を調べているので、彩色部における0度方向の横線や120度方向、240度方向の画像構造を空間的に

解像させる能力を持つと考えられる。しかし、ベイヤ配列における2画素間隔の同色間類似度と違って、3画素間隔と極めて離れた画素間の情報であることに注意を要する。

【0085】2) 2画素間隔同色間類似度の算出

$$C030 = \{(|R030-Rctr|+|R210-Rctr|)/2+|G240-G000|+|B060-B180|\}/3 \dots (55)$$

$$C150 = \{(|R150-Rctr|+|R330-Rctr|)/2+|G000-G120|+|B180-B300|\}/3 \dots (56)$$

$$C270 = \{(|R270-Rctr|+|R090-Rctr|)/2+|G120-G240|+|B300-B060|\}/3 \dots (57)$$

ただし、R画素位置に欠落するG成分とB成分が存在する方向と一致しない方向の類似性を調べているので、こ

【0086】3) 類似度の周辺加算

更に、上述した類似度の各々について周辺加算を行って周辺画素との連続性を考慮することにより、類似度の精

$$\begin{aligned} c000 &= \{6 \cdot C000[Rctr] \\ &\quad + C000[R030] + C000[R150] + C000[R270] \\ &\quad + C000[R210] + C000[R300] + C000[R090]\}/12 \dots (58) \end{aligned}$$

c120, c240, c030, c150, c270も同様にして求める。ここに、上述した類似度の方位関係を図26に示す。

【0087】2. 類似性判定

上述した類似度は値が小さいほどその方向に対して大きな類似性を示す。ただし、類似性を判定して意味があるのは、処理対象画素に存在しないG成分とB成分が存在する方向、すなわち0度、120度、240度方向であり、30度、150度、270度方向の類似性が判定できてもあまり意味がない。そこで、まず考えられるのは、0度、120度、240度方向の類似性の強弱を、0度、120度、240度方向の類似度を用いて、その逆数比で連続的に判定することである。すなわち $(1/c000) : (1/c120) : (1/c240)$ で判定する。

【0088】例えば、類似度c000は有彩色の横線を解像する能力を有するので、図20のデルタ配列のRGB各色成分の周波数再現域のky軸方向を限界解像まで伸ばすことができる。すなわち、このような判定方法は、有彩色の画像に対して、図20の六角形の頂点の限界解像まで色解像度を引き伸ばすことができる。しかしながら、3

$$\begin{aligned} w000 &= (c120 \cdot c240 \cdot c270 + Th) \\ &\quad / (c120 \cdot c240 \cdot c270 + c240 \cdot c000 \cdot c030 + c000 \cdot c120 \cdot c150 + 3 \cdot Th) \dots (59) \\ w120 &= (c240 \cdot c000 \cdot c030 + Th) \\ &\quad / (c120 \cdot c240 \cdot c270 + c240 \cdot c000 \cdot c030 + c000 \cdot c120 \cdot c150 + 3 \cdot Th) \dots (60) \\ w240 &= (c000 \cdot c120 \cdot c150 + Th) \\ &\quad / (c120 \cdot c240 \cdot c270 + c240 \cdot c000 \cdot c030 + c000 \cdot c120 \cdot c150 + 3 \cdot Th) \dots (61) \end{aligned}$$

により求まる。ただし、定数Thは発散を防ぐための項で正の値をとる。通常Th=1とすればよいが、高感度撮影画像などノイズの多い画像に対してはこの閾値を上げるとよい。

【0091】なお、0度方向と270度方向、120度方向と30度方向、240度方向と150度方向は直交した関係である。この直交した関係を0度方向⊥270度方向、120度方向⊥30度方向、240度方向⊥150度方向と表す。

次に、30度、150度、270度方向の類似度C030、C150、C270を算出する。これらの方向の同色間類似度は、0度、120度、240度方向と異なりより短い2画素間隔で定義することができる。

度を上げる。ここでは各画素について求めた上記6つの類似度それぞれに対し、R画素位置について周辺加算を行う。周辺加算を行った類似度を小文字で表記する。ただし、[]は、処理対象画素から見たデルタ配列上の画素位置を表すものとする。式(58)は第1の実施の形態の式(4)と同様である。

画素間隔という長距離間の類似度であるため、その間の角度となると折り返し周波数成分の影響を受けて方向性を判別することができず、特に30度、150度、270度方向に対しては最もその悪影響が生じ、図20の六角形の各辺の中点付近がえぐれるような色解像力しか発揮することができない。

【0089】そこで、このような長距離相関の悪影響を防ぐため、短距離相関の類似度c030, c150, c270を有効活用する。ただし、逆数をとるだけでは30度、150度、270度方向の類似性が判別できるようになるだけなので、それを0度、120度、240度方向の類似性に変換するために、逆数ではなく類似度の値自体が30度、150度、270度方向に直交する方向、すなわち120度、240度、0度方向の類似性を表しているものと解釈する。故に0度、120度、240度方向の類似性を以下の比率で判定する。 $(c270/c000) : (c030/c120) : (c150/c240)$

【0090】0度、120度、240度方向の類似性を1で規格化された加重係数w000, w120, w240として表すと、

【0092】こうして6方向の類似度を用いて連続的に判定された類似性は、有彩色画像に対して図20の六角形の全てを正確に再現する空間解像力を有する。また、この同色間類似度による空間解像力は、同じ色成分間で類似性を見ているため、光学系に含まれる色収差の影響を受けずに常に達成することができる。

【0093】3. 補間値算出

補間値は、第2の実施の形態と同様にして求める。

【0094】以上のようにして、第5の実施の形態では如何なる画像に対してもデルタ配列が元来有する各RGB単色の空間色解像力を全て引き出すことができる。また、階調方向に鮮明な画像復元が可能で、色収差を含む系に対しても強い性能を発揮する。

【0095】なお、第5の実施の形態の類似度の算出および類似性の判定を第4の実施の形態の類似度の算出および類似性の判定にも適用できる。このような画像復元方法は、極めて階調鮮明性が高く、空間方向にも優れた輝度解像性能と色解像性能を同時に達成しつつ、色収差

【0096】—第6の実施の形態—

ベイヤ配列においては通常、補間処理後に画像に残っている偽色を低減するためにRGB信号を、輝度と色差からなるYCbCrに変換し、Cb、Cr面で色差ローパスフィルタを掛けたり、色差メディアンフィルタを掛けたりして偽色を除去し、RGB表色系に戻す事後処理が行われる。デルタ配列の場合も、完全に光学ローパスフィルタでナイキスト周波数を落とせなければ、見栄えを良くするため適度な偽色低減処理を必要とする。第6の実施の形態では、デルタ配列の優れた特徴である色解像性能をできるだけ損なわないような事後処理の方法を示す。第6の実施の形態の電子カメラ1の構成は、第1の実施の形態の

図1と同様であるのでその説明を省略する。

【0097】図21は、第6の実施の形態において、画像処理部11が行う画像処理の概要を示すフローチャートである。第1、2、4、5の実施の形態と同様に三角格子上で補間処理が行われるものとする。図21は、補間処理後のRGBカラー画像を入力するところからスタートする。例えば、第1の実施の形態の図2のステップS1～S5が終了し、その後、図21のフローチャートが開始する。

$$\begin{aligned} TCgb[center] = & \{9*Cb[center] \\ & +2*(Cb[nearest000]+Cb[nearest120]+Cb[nearest240] \\ & +Cb[nearest180]+Cb[nearest300]+Cb[nearest060]) \\ & +Cb[2nd000]+Cb[2nd120]+Cb[2nd240] \\ & +Cb[2nd180]+Cb[2nd300]+Cb[2nd060]\}/27 \dots (66) \end{aligned}$$

TCbr, TCrgについても同様に求める。

【0103】2) 色指標の算出

$$Cdiff[i,j] = (|Cgb[i,j]| + |Cbr[i,j]| + |Crg[i,j]|)/3 \dots (67)$$

【0104】3) 色判定

上記連続的な色指標Cdiffを閾値判定し、離散的な色指標B

$$\text{if } Cdiff[i,j] \leq Th \text{ then } BW[i,j] = 'a' \text{ (低彩度部)}$$

【0098】ステップS31では、補間処理後のRGBカラー画像データを入力する。ステップS32において、RGB表色系から本第6の実施の形態特有のYCgCbCrCrg表色系に変換する。ステップS33では、色判定用画像を生成する。ステップS34では、ステップS33で生成した色判定用画像を使用して色指標を算出する。ステップS35では、ステップS34の色指標に基づき低彩度か高彩度かの色判定を行う。

【0099】ステップS36において、ステップS35の色判定結果に基づき、使用するローパスフィルタを切り換えて色差補正を行う。補正の対象となる色差データはステップS32で生成されたものである。ステップS37では、色差面の偽色が除去された段階で、YCgCbCrCrg表色系を元のRGB表色系に戻す変換をする。ステップS38において、得られたRGBカラー画像データを出力する。ステップS38で出力されるRGBカラー画像データは三角格子上で得られた画像データである。

【0100】三角格子上で得られた画像データに対して正方化処理をする場合は、第1の実施の形態と同様に、図2のステップS6、S7の処理を行う。以下、上述のステップS32～S37の処理の詳細について説明する。

【0101】1. 表色系変換

RGB表色系からYCgCbCrCrg表色系に変換する。ただし、YCgCbCrCrg表色系は次の式(62)～(65)で定義される。

$$Y[i,j] = (R[i,j] + G[i,j] + B[i,j])/3 \dots (62)$$

$$Cgb[i,j] = G[i,j] - B[i,j] \dots (63)$$

$$Cbr[i,j] = B[i,j] - R[i,j] \dots (64)$$

$$Crg[i,j] = R[i,j] - G[i,j] \dots (65)$$

このようにRGBを均等に扱う変換を行うと、例えばサーキュラーゾーンプレートで、図6の六角形の角の部分を中心に発生するような色モアレが、完全に輝度面Yからは消え去り、全ての偽色要素を色差成分Cgb, Cbr, Crgに含ませることができる。

【0102】2. 色評価

1) 色判定用画像の生成

無彩色部に於ける偽色をできるだけ彩色部と区別して色評価するために、全面に強力な色差ローパスフィルタをかけて偽色を一旦低減する。ただし、これは一時的な色判定用画像なので、実際の画像には影響を与えない。

次に、偽色の低減された色判定用画像を用いて色指標Cdiffを算出し、画素単位の色評価を行う。

Wに変換する。

else  
ここで閾値Thは256階調の場合30程度に設定するのがよい。

### 【0105】3. 適応的色差補正

色判定により画像を2つの領域に分割することができたので、無彩色部の偽色は強力に消す一方、彩色部の色解像はできるだけ温存する色差補正処理を加える。ここでは式(68)および式(69)のローパス処理を行うが、メディ

<ローパス処理>

if BW[center]='a'

tmp\_Cgb[center] = {9\*Cgb[center]  
+2\*(Cgb[nearest000]+Cgb[nearest120]+Cgb[nearest240]  
+Cgb[nearest180]+Cgb[nearest300]+Cgb[nearest060])  
+Cgb[2nd000]+Cgb[2nd120]+Cgb[2nd240]  
+Cgb[2nd180]+Cgb[2nd300]+Cgb[2nd060]}/27 ... (68)

tmp\_Cbr, tmp\_Crgについても同様に求める。

if BW[center]='c'

tmp\_Cgb[center] = {6\*Cgb[center]  
+Cgb[nearest000]+Cgb[nearest120]+Cgb[nearest240]  
+Cgb[nearest180]+Cgb[nearest300]+Cgb[nearest060]}/12 ... (69)

tmp\_Cbr, tmp\_Crgについても同様に求める。

### 【0107】<代入処理>

Cgb[i,j] = tmp\_Cgb[i,j]

Cbr[i,j] = tmp\_Cbr[i,j]

R[i,j]=(9\*Y[i,j]+Cgb[i,j]-2\*Cbr[i,j]+4\*Crg[i,j])/9 ... (70)

G[i,j]=(9\*Y[i,j]+4\*Cgb[i,j]+Cbr[i,j]-2\*Crg[i,j])/9 ... (71)

B[i,j]=(9\*Y[i,j]-2\*Cgb[i,j]+4\*Cbr[i,j]+Crg[i,j])/9 ... (72)

【0109】このようにして第6の実施の形態では、デルタ配列を持つ色解像性能をできるだけ保持した形で、画像全体としての偽色低減が可能となる。尚、第4の実施の形態で生成された画像データにこの事後処理を取り入れる場合は、既にYCgbCbrCrg表色系の状態になっているので、初めの表色系変換は不要で、最後の表色系変換を行う前に上記2. 3. の処理を付け加えればよいだけである。

【0110】なお、第1～第6の実施の形態に記載した画像復元方法は、デルタ配列の入力画像が撮像素子出力の線形階調のままでも、ガンマ補正された階調のものでも、どのような階調特性のものでも適用できる。8ビットでガンマ補正が既にかかっている入力画像に対しては対処のしようがないが、今日のデジタルスチルカメラの撮像信号は、12ビットの線形階調出力といったものが一般的になっており、このような場合に適した画像復元処理(第1や第2の実施の形態のようなRGB方式も第4の実施の形態のようなYCCC方式も含む)と階調処理の関係をここに示す。図27は、その処理を示すフローチャートである。

1) 線形階調デルタ配列データ入力(ステップS41)

2) ガンマ補正処理(ステップS42)

3) 画像復元処理(ステップS43)

then BW[i,j]='c' (高彩度部)

アンフィルタ処理を用いてもよい。[]は、処理対象画素から見た三角格子上的画素位置を表すものとする。式(68)のローパスフィルタは、第3の実施の形態の図11に示す係数値を使用し、式(69)のローパスフィルタは図13に示す係数値を使用する。

### 【0106】

Crg[i,j] = tmp\_Crg[i,j]

### 【0108】4. 表色系変換処理

色差面の偽色が除去された段階で、第4の実施の形態と同様の式(70)～(72)を用いて元のRGB表色系に戻す。

4) 逆ガンマ補正処理(ステップS44)

5) ユーザーガンマ補正処理(ステップS45)

【0111】ユーザーガンマ補正処理は、線形階調からディスプレイ出力に適した8ビット階調に変換する処理、すなわち、画像のダイナミックレンジを出力表示機器の範囲内に圧縮する処理である。これとは独立に、一旦あるガンマ空間に階調を変換して、第1の実施の形態～第6の実施の形態に相当する画像復元処理を行うと、より優れた復元結果が得られる。この階調変換方法として以下のようなものがある。

<ガンマ補正処理>入力信号x(0≤x≤xmax)、出力信号y(0≤y≤ymax)、入力画像はデルタ面

y=ymax√(x/xmax)

入力信号が12ビットの場合はxmax=4095で、出力信号は例えば16ビットのymax=65535に設定するとよい。

<逆ガンマ補正処理>入力信号y(0≤y≤ymax)、出力信号x(0≤x≤xmax)、入力画像はRGB面

x=xmax(y/ymax)<sup>2</sup>

【0112】このように平方根型のガンマ空間で画像復元処理を行うと、画像復元処理のテクニックとは別の観点から次のような利点が同時に得られる。

1) 色境界部の鮮明化が可能(例えば、赤白境界の色に

- 2) 輝点(極めて明るい部分)周辺の偽色抑制が可能  
3) 方向判定精度が向上

【0113】1)と2)は画像復元処理のRGB方式では「補間値算出部」、Y方式では「復元値算出部」が関与して生み出される効果である。また、3)は画像復元処理の「類似度算出部」と「類似性判定部」が関与して生み出される効果である。つまり、入力信号xには量子論的揺らぎの誤差 $dx=k\sqrt{x}$ (kはISO感度で決まる定数)が含まれており、平方根のガンマ空間に変換すると誤差伝搬則によりこの誤差が全階調 $0\leq y\leq y_{\max}$ に渡って均一の誤差 $dy=\text{constant}$ で扱えるようになるため、方向判定精度が向上する。この技術はデルタ配列に限らずベイヤ配列やその他諸々のフィルタ配列の補間処理にも応用することができる。上記実施の形態においては、デルタ配列は元々ベイヤ配列よりも単色の色解像性能が高いため、この階調変換処理を画像復元処理の前後に入れることで、更に優れた色鮮明性を生み出すことが可能となる。

【0114】上記第1の実施の形態では、三角格子上で補間処理された画像データを正方化処理をする例を示した。また、他の実施の形態でも、正方化処理が必要な場合はその処理を行う旨を示した。しかし、三角格子上で補間処理や表色系変換された画像データそのものをそのまま使用するようにしてもよい。

【0115】上記第3の実施の形態では、第1の実施の形態と同様に生成されたRGBカラー画像データに補正処理を行う例を示したが、必ずしもこの内容に限定する必要はない。他の実施の形態で生成されたRGBカラー画像データに対しても同様に適用できる。このように、上記第1～第6の実施の形態では、それぞれ適宜組み合わせることが可能である。すなわち、上記第1～第6の実施の形態では、類似の方向性判定処理、補間処理あるいは色差面直接生成処理、補正等の後処理、正方化処理などを記載しているが、各実施の形態の各処理を適宜組み合わせることで最適な画像処理方法、処理装置を実現することができる。

【0116】上記実施の形態では、単板式の撮像素子を前提にした説明を行ったが、この内容に限定する必要はない。本発明は、2板式の撮像素子においても適用できる。2板式であれば、例えば、各画素において欠落する色成分は1つとなるが、この欠落する1つの色成分の補間処理に上記実施の形態の内容を適用することができ、必要であれば正方化処理も同様にできる。また、第4の実施の形態の、デルタ配列から補間処理を介さずに直接輝度成分と色差成分を作る方式においても、同様に2板式の撮像素子にも適用できる。

【0117】上記実施の形態では、類似性の判定に各種の計算式を示したが、必ずしも実施の形態に示した内容に限定する必要はない。他の、適切な計算式により類似性を判定するようにしてもよい。また、輝度情報の計算においても各種の計算式を示したが、必ずしも実施の形

態に示した内容に限定する必要はない。他の、適切な計算式により輝度情報を生成するようにしてもよい。

【0118】上記実施の形態では、色差補正等でローパスフィルタ、エッジ強調でバンドパスフィルタの例を示したが、必ずしも実施の形態で示した内容に限定する必要はない。他の構成のローパスフィルタやバンドパスフィルタであってもよい。

【0119】上記実施の形態では、電子カメラの例で示したが、必ずしもこの内容に限定する必要はない。動画を撮像するビデオカメラや、撮像素子つきパーソナルコンピュータや携帯電話などであってもよい。すなわち、撮像素子によりカラー画像データを生成するあらゆる装置に適用できる。

【0120】パーソナルコンピュータなどに適用する場合、上述した処理に関するプログラムは、CD-ROMなどの記録媒体やインターネットなどのデータ信号を通じて提供することができる。図23はその様子を示す図である。パーソナルコンピュータ100は、CD-ROM104を介してプログラムの提供を受ける。また、パーソナルコンピュータ100は通信回線101との接続機能を有する。コンピュータ102は上記プログラムを提供するサーバーコンピュータであり、ハードディスク103などの記録媒体にプログラムを格納する。通信回線101は、インターネット、パソコン通信などの通信回線、あるいは専用通信回線などである。コンピュータ102はハードディスク103を使用してプログラムを読み出し、通信回線101を介してプログラムをパーソナルコンピュータ100に送信する。すなわち、プログラムをデータ信号として搬送波にのせて、通信回線101を介して送信する。このように、プログラムは、記録媒体や搬送波などの種々の形態のコンピュータ読み込み可能なコンピュータプログラム製品として供給できる。

#### 【0121】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成しているため、次のような効果を奏する。請求項1の発明は、取得した画像の三角格子状の画素位置で補間処理等を行った後、正方格子状の画素位置に変換しているため、三角配置の限界解像度を最大限に維持しながら、正方格子状に配置された画像データを出力することができる。請求項10の発明は、三角格子状に配置された第1の画像の欠落する色成分の色情報を補間するとき、色成分の曲率情報を固定の演算により求めて使用しているため、あらゆる方向の高周波領域まで階調鮮明性を向上させることが可能となる。すなわち、三角格子状に画素が配置された画像データの有効性を最大限発揮させながら高精細な補間が可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態における電子カメラの機能ブロック図である。

【図2】第1の実施の形態において、画像処理部が行う

画像処理の概要を示すフローチャートである。

【図 3】デルタ配列の撮像素子により得られた画素の位置関係を示す図である。

【図 4】周辺加算に使用する係数を示す図である。

【図 5】曲率情報dRを求めるときに使用する係数値を示す図である。

【図 6】デルタ配列の無彩色の空間周波数再現領域を示す図である。

【図 7】1次元変位処理に使用する係数値を示す図である。

【図 8】第 2 の実施の形態の演算で使用する画素位置を示す図である。

【図 9】曲率情報dR、dG、dBを求めるときに使用する係数値を示す図である。

【図 10】第 3 の実施の形態において、画像処理部が行う画像処理の概要を示すフローチャートである。

【図 11】ローパスフィルタの係数値を示す図である。

【図 12】他のローパスフィルタの係数値を示す図である。

【図 13】他のローパスフィルタの係数値を示す図である。

【図 14】ラプラシアン係数値を示す図である。

【図 15】他のラプラシアンの係数値を示す図である。

【図 16】他のラプラシアンの係数値を示す図である。

【図 17】デルタ配列のデルタ面から、直接、輝度面(Y)と3つの色差面(Cgb,Cbr,Crg)を生成し、その後、元のRGBの表色系に変換する概念を示す図である。

【図 18】第 4 の実施の形態において、画像処理部が行う画像処理の概要を示すフローチャートである。

【図 19】R位置にはCrg,Cbr成分がその最隣接画素にはCgb成分が求まっている様子を示す図である。

【図 20】デルタ配列のRGB各色成分の空間周波数再現領域を示す図である。

【図 21】第 6 の実施の形態において、画像処理部が行

う画像処理の概要を示すフローチャートである。

【図 22】隣接画素について定義する図である。

【図 23】プログラムを、CD-ROMなどの記録媒体やインターネットなどのデータ信号を通じて提供する様子を示す図である。

【図 24】RGBカラーフィルタのベイヤ配列、デルタ配列、ハニカム配列を示す図である。

【図 25】デルタ配列で得られた画像データについて、三角格子上で補間処理し、正方格子データに復元する処理の概念を示す図である。

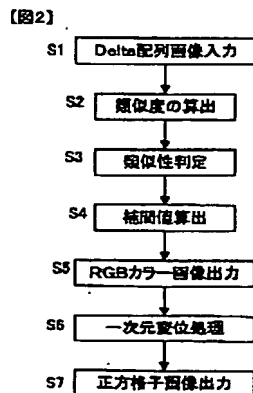
【図 26】第 5 の実施の形態において、類似度の方位関係を示す図である。

【図 27】画像復元処理と階調処理を示すフローチャートである。

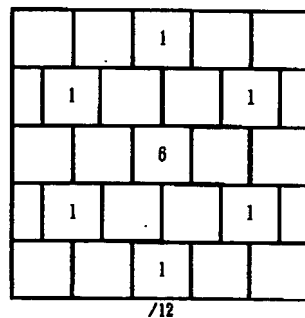
【符号の説明】

- 1 電子カメラ
- 10 A/D変換部
- 11 画像処理部
- 12 制御部
- 13 メモリ
- 14 圧縮／伸長部
- 15 表示画像生成部
- 16 メモリカード
- 17 メモリカード用インタフェース部
- 18 PC (パーソナルコンピュータ)
- 19 外部インタフェース部
- 20 撮影光学系
- 21 撮像素子
- 22 アナログ信号処理部
- 23 タイミング制御部
- 24 操作部
- 25、26 モニタ
- 27 プリンタ
- 28 CD-ROM

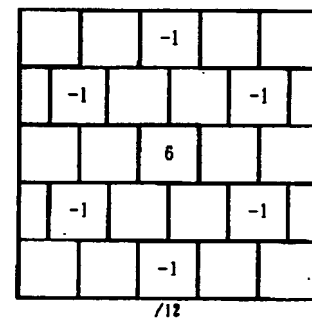
【図 2】



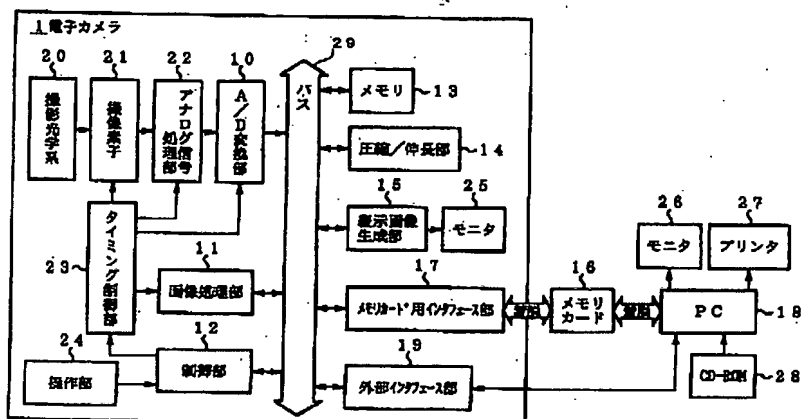
【図 4】



【図 5】

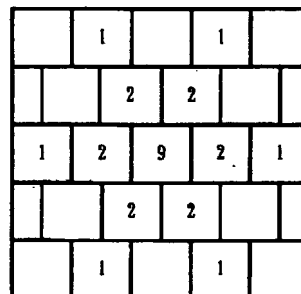


【図1】



【図11】

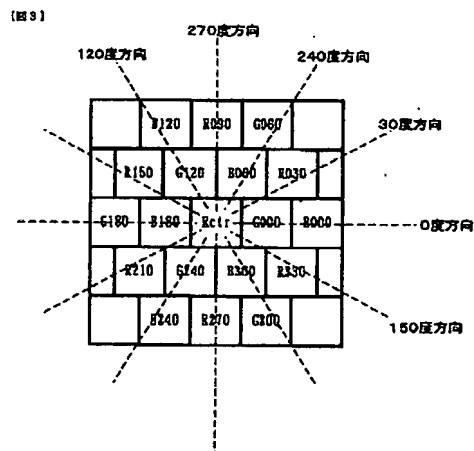
【図11】



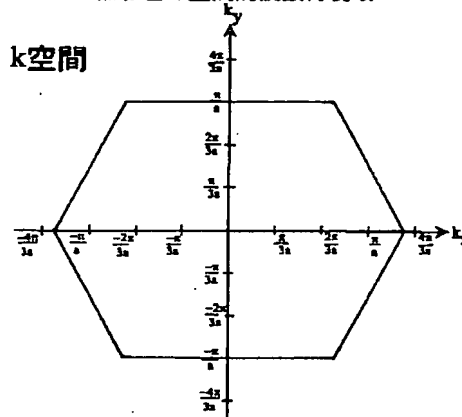
/27

【図3】

【図6】



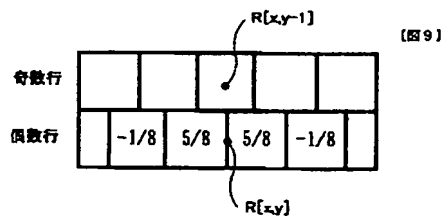
【図7】

Delta配列  
無彩色の空間周波数再現域

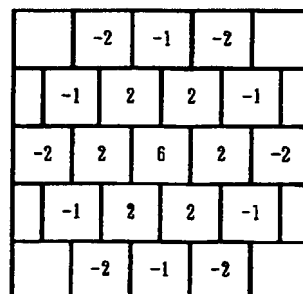
【図9】

【図19】

【図7】

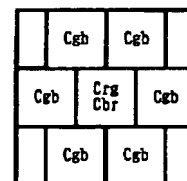


【図9】



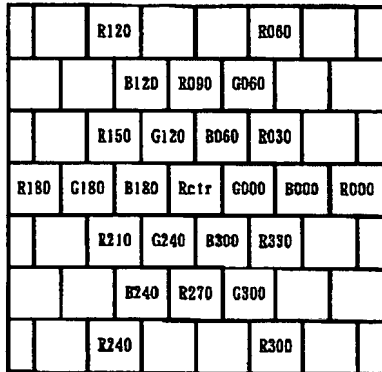
/36

【図19】



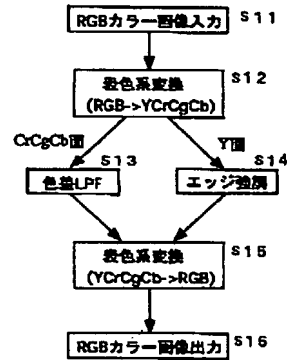
【図 8】

【図 8】



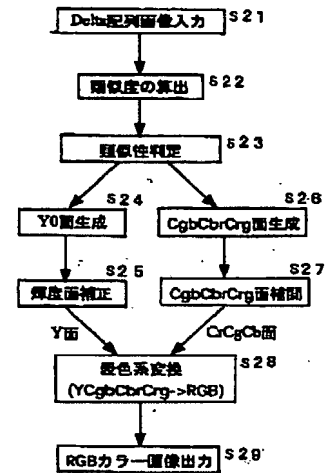
【図 10】

【図 10】



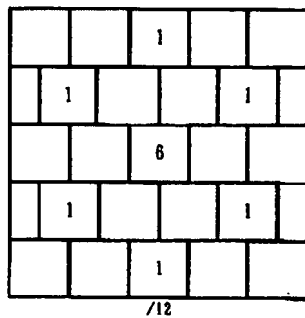
【図 18】

【図 18】



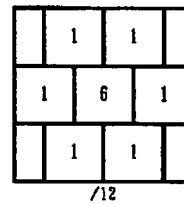
【図 12】

【図 12】



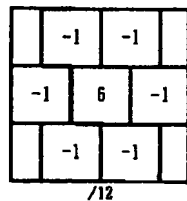
【図 13】

【図 13】



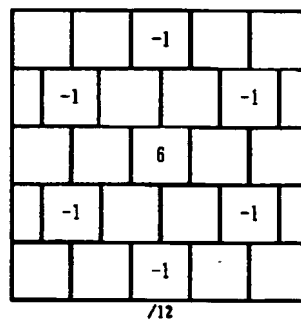
【図 14】

【図 14】



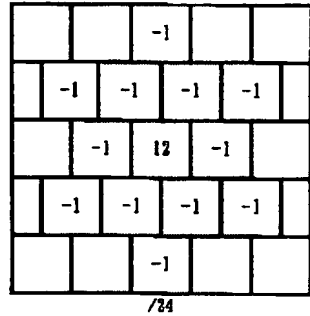
【図 15】

【図 15】



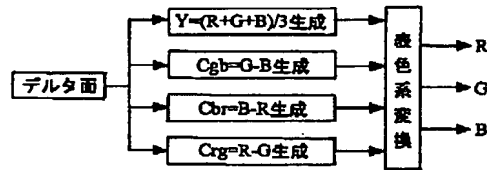
【図16】

【図16】



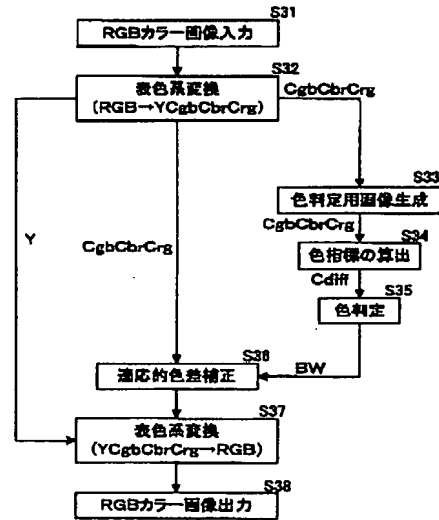
【図17】

【図17】



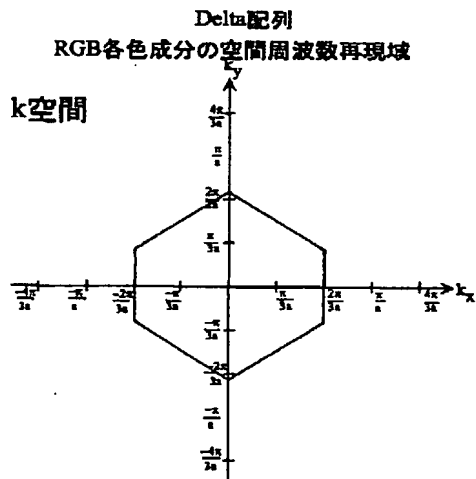
【図21】

【図21】



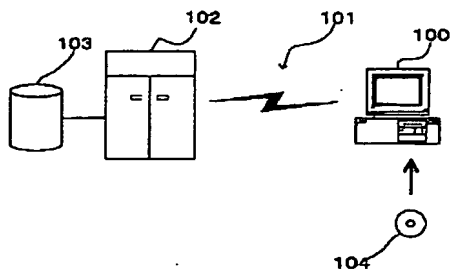
【図20】

【図20】



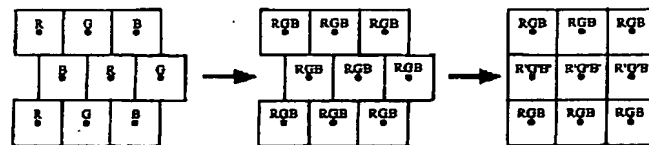
【図23】

【図23】



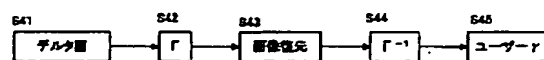
【図25】

【図25】



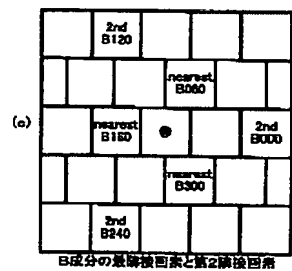
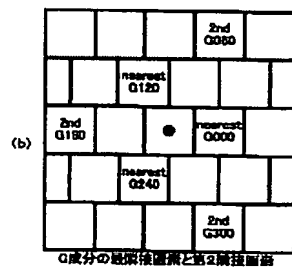
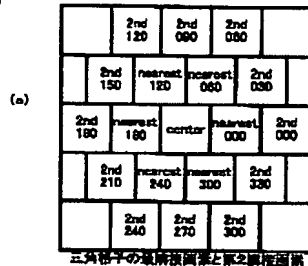
【図27】

【図27】



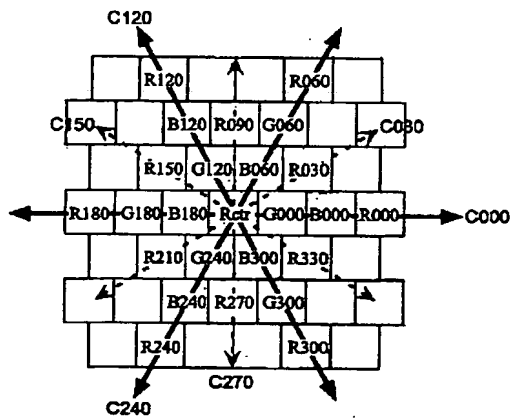
【図 22】

【図22】



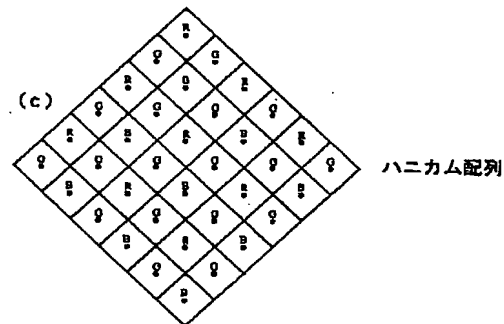
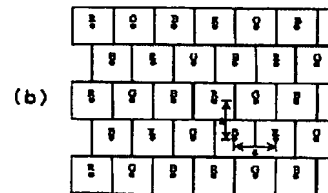
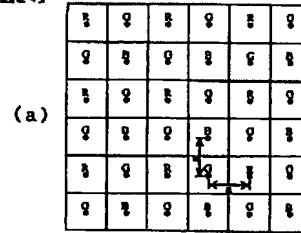
【図 26】

【図26】



【図 24】

【図24】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

// H 0 4 N 101:00

H 0 4 N 1/46

Z

F ターム (参考) 5B057 BA02 CA01 CA08 CA12 CA16  
CB01 CB08 CB12 CB16 CC01  
CE17 CE18 CH08  
5C065 AA03 BB30 CC01 CC08 DD02  
EE03 GG02 GG13 GG27  
5C077 LL19 MP08 PP32 PP34 PP37  
PP68 PQ12 PQ25 RR19 TT09  
5C079 HB01 HB04 HB11 LA28 LB02  
MA11 NA03

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGES CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE (S) OR EXHIBIT (S) SUBMITTED ARE POOR

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox**